

Üç boyutlu (3B) Polipropilen Halı Yapıların Aşınma ve Sürtünme Özellikleri

Gülhan Erdoğan Güler^{*1}, Sinem Yücel²

^{*1} Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Talas/KAYSERİ
² Uniteks Tekstil, Atatürk Organize Sanayi Bölgesi, 10039 sokak, No. 26, 35620 Çiğli/İZMİR

(Alınış / Received: 28.03.2023, Kabul / Accepted: 10.04.2023, Online Yayınlanma / Published Online: 02.05.2023)

Anahtar Kelimeler

3 boyutlu halı yapısı,
Polipropilen lif,
Aşınma (Martindale),
Sürtünme (Token test)

Öz: Bu makalede, çeşitli hav yüksekliğindeki (6 mm, 9 mm ve 12 mm) ve yönsel yoğunluktaki polipropilen halıların aşınma (Martindale) ve sürtünme dayanım (token) özellikleri incelenmiştir. Polipropilen halılar, Van De Wiele halı tezgahında üç kancalı Wilton yüz yüze halı dokuma ile imal edilmiştir. Halı tasarımları 2/2 V dokuma (atki, çözgü, dolgu çözgü ve hav ipliklerinin kesişmeleriyle) ve 1+2/3 V dokuma (atki, dolgu atki, çözgü, dolgu çözgü ve hav ipliklerinin kesişmeleriyle) ile gerçekleştirilmiştir.

Hav yoğunluğu ve yüksekliği testlerde kullanılan tüm halıların aşınma yükü altındaki halı kütle kayıplarını (% , mg) etkilediği tespit edilmiştir. Sürtünmede ise tamamen bozulan hav ipliklerinden elde edilen sürtme devir sayılarının, her bir hav yoğunluğu için hav yükseklikleri 6 mm'den 12 mm'ye değişim gösterdiğinde arttığı gözlenmiştir. Bu çalışma ile elde edilen sonuçların, halı tasarımcıları ve özellikle karmaşık şekilli forumlama imalatında üç boyutlu önşekil tasarımcıları için yol gösterici olacağı öngörülmüştür.

Abrasion and Rubbing Properties of Three-Dimensional (3D) Polypropylene Carpet Structures

Keywords

3 dimension carpet
structure,
Polypropylene carpet,
Abrasion (Martindale),
Rubbing (Token test)

Abstract: In this article, abrasion (Martindale) and rubbing (token) properties of polypropylene carpets of various pile heights (6 mm, 9 mm and 12 mm) and directional densities are investigated. Polypropylene carpets are produced with Wilton face-to-face carpet weaving with three hooks on the Van De Wiele carpet loom. Carpet designs are fulfilled with 2/2 V weaving with the interlacement of weft, warp, stuffer warp and pile yarns, and 1+2/3 V weaving with the interlacement of weft, stuffer weft, warp, stuffer warp and pile yarns.

It was found that pile density and pile height affected the carpet mass losses (% , mg) of all carpets used in the tests under abrasion load. In friction, it was observed that the number of rubbing cycles (stroke numbers) obtained from completely fractured pile yarns were increased when the pile heights changed from 6 mm to 12 mm for each pile density. It is predicted that the results obtained from this study will be a guide for carpet designers and especially for three-dimensional preform designers in the production of complex shaped foruming.

*İlgili Yazar, email: gulhanerdoganguler@gmail.com

1. Giriş

Halı, çözgü, dolgu ve hav ipliği (z-iplik) olmak üzere üç iplik setinin kullanılması sonucunda üç boyutlu (3D) bir yapı olarak kabul edilebilir ve konfor, ısı, ses yalıtımı ve estetik özelliklerinden dolayı hem ev hem de iş yerlerinde en yaygın kullanılan döşemelik yapılardan biridir. Bir başka tanımlamada ise halıların zemin yapısının atki ve çözgü (dolgu-zincir) ipliklerinden, kullanım yüzeyinin ise hav ipliğinden oluştuğu üç boyutlu bir yapıdır [1]. Havlı iplikler, pamuk, yün, sentetik esaslı akrilik, naylon, polyester ve polipropilen lifler veya bunların karışımları gibi

çeşitli doğal liflerden yapılabilir [2]. Zemin kumaşında bulunan çözgü ve atkı iplikleri pamuk, jüt veya karışım liflerden üretilirler [3]. Örneğin, gerek atkı gerekse dolgu atkısı ipliğinde sert ve dolgun yapısı nedeniyle jüt ipliği kullanılmaktadır. Makine halılarında temel kumaşı sağlamlaştırmak ve halının formlanma direnci açısından jüt dışında, keten ve pamuk gibi dolgu iplikleri de kullanılabilir [4].

Halı üzerine yapılan araştırmalar genellikle halıların son kullanım alanlarına yönelik olarak yapılmış tasarımlar ve halılara ait yapısal özellikler ve üretim parametrelerinin doğru bir şekilde seçilmesi ile ilgili olduğu tespit edilmiştir [5-8]. Öte yandan halının karakterizasyonu, kullanım ömrü boyunca fiziksel, mekanik-termal, akustik özellikleri, görünüm kalıcılığı ve dayanıklılığının belirlenmesi açısından kritik öneme sahiptir [3, 9-16]. Örneğin, ayakta durma ve yürüme sırasındaki halı konforu, karmaşık biyomekanik ve psikofiziksel açıdan incelenmiştir. Bu, özellikle evlerde nihai ürün olarak kullanımları için daha uygun halılar tasarlamaya yardımcı olabilmektedir [17-20]. Ayrıca polipropilen yüz yüze halıların ısı iletkenlik ve ses yalıtım özelliklerine hav uzunluğu ve yoğunluğunun etkili olduğu, daha kısa havlı ve ilmek sıklığı yüksek halılar da ses yalıtımı özelliklerinde iyileşme olduğu görülmüştür [21, 22].

Aşınma, insanların halı üzerinde oluşturdukları yaya trafiği sırasında halı yüzeyini bozan karmaşık yüklerden birisidir ve oluşan bu yük sonucunda iç ve dış ortamlarda lifler arası sürtünme, lif kayması ve hav ipliklerindeki lif kopmaları nedeniyle halı yüzeyinin görünümü etkilenir [23, 24]. Aşınma ile ilgili kritik parametreler lifin malzemesi ve inceliği; iplik kat sayısı ve büküm dahil olmak üzere hav ipliği özellikleri; dokuma tasarımı, hav ipliği ile zemin iplikleri arasındaki etkileşimler, düzlem dışı hav ipliği uzunluğu ve hav ipliği yoğunluğu gibi halının yapısal özellikleri olarak ele alınabilir [25, 26]. Halıların aşınma davranışı lif, iplik ve halı konstrüksiyon parametrelerinin hepsinden birden etkilenmektedir [3].

Önder ve Berkalp, yüz yüze halının aşınma direncinin; zemin (çözgü, atkı ve dolgu), hav yüksekliği ve hav yoğunluğu gibi hav ipliği ve halı yapısal parametreleri ile ilişkili olduğunu bulmuşlardır [27]. Bilisik ve Yolacan tarafından floklu kumaşların aşınma direnci üzerine başka bir çalışma yapılmıştır. Flok lif yoğunluğunun ve lif uzunluğunun, yoğun ve kısa flok lifinin geniş lif yüzey alanı ve eğilme rijitliği nedeniyle daha iyi aşınma direnci gösterdiği lamine flok kumaşın aşınma özelliklerini etkilediği elde edilmiştir [28]. Ayrıca lif çapının artmasıyla birlikte aşınma kaybının da arttığı sonucuna ulaşılmıştır [29, 30]. Floklu kumaş üzerinde yapılan token sürtme testi, pamuk lifi ve akrilik yapıştırıcının kayganlaştırıcı etkisi nedeniyle ıslak durumdaki çözgü ve atkı yırtılma mukavemetlerinin kuru duruma göre biraz daha yüksek olduğunu göstermiştir [31].

Öte yandan, sürtme devir sayısı arttığında, çözgü ve atkı yönlü çekme mukavemeti ve floklu bir kumaşın uzaması genellikle azalır. Ayrıca floklu bir kumaşın yıkama öncesi ve sonrasındaki sürtme sayısı ıslak halde kuru haline göre düşüktür. Bunun temel nedeni, akrilik yapıştırıcının zayıf ıslaklık özelliklerine sahip olmasıdır [32]. Doğal kaynaklarla boyanmış halılarda pamuk hav ipliklerinin sürtünme haslıklarının iyi ile mükemmel arasında olduğu ortaya çıkmıştır [33]. Ayrıca, düşük konsantrasyonlu baskı mürekkebi ile poliamid (nylon) havlı halı inkjet baskısı, iyi sürtünme haslığına ve renk verimine sahiptir [34].

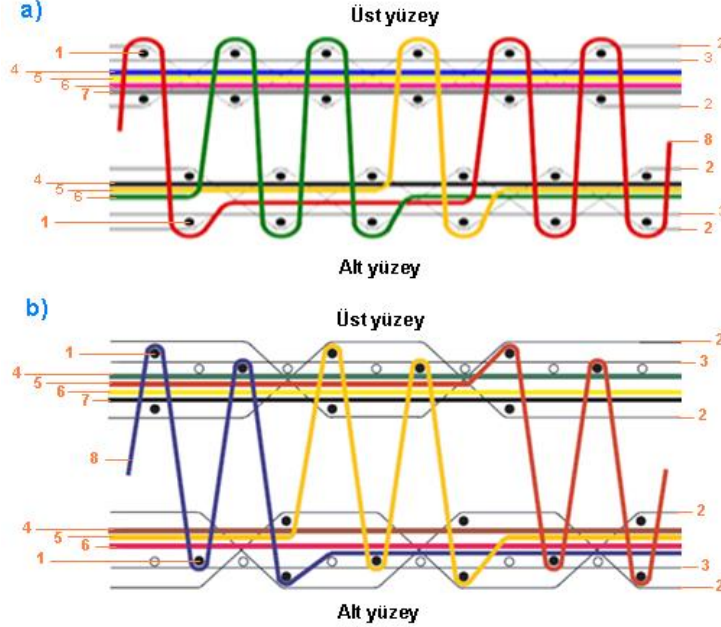
Literatürden görüleceği üzere, makine halılarının kullanım performansına etki eden birçok parametre özellikle dinamik ve statik yük altında hav çökmesi ve katlanma gibi çalışmalar olmasına karşın aşınma ve sürtünme davranışları ile ilgili yapılan araştırmaların sınırlı olduğu tespit edilmiştir. Dolayısı ile bu çalışmada farklı özelliklerdeki polipropilen halı yapıların aşınma ve sürtünme davranışları incelenerek halıların performans özellikleri tanımlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Halı Yapısı

Çalışmada kullanılan halı örnekleri farklı atkı sıklıklarında ve hav yüksekliklerinde Gümüşsuyu Halı Ltd. Şti. A.Ş. tarafından temin edilmiştir. Çözgü ipliği olarak polyester-pamuk karışımı iplik, atkı ipliği olarak %100 jüt ve hav ipliği olarak ta %100 polipropilen kullanılmıştır. Tablo 1'de çalışmada kullanılmış olan halı numunelerine ait atkı, çözgü ve hav iplikleri ile ilgili karakteristik özellikler verilmiştir. Tablo 2' de ise polipropilen havlı halı numunelerin yapısal parametreleri sunulmuştur. Tablo 2'den görüleceği üzere hav yüksekliği ve halı ağırlığı, üzerinde deneysel çalışma yapılacak örneklerin üretildiği halı biriminden elde edilen değerlerle, bunların laboratuvarında ölçülen değerleri (parantez içinde) kıyaslamalı olarak bir arada verilmiştir. Polipropilen havlı halılar 3 farklı hav yüksekliği ve 3 farklı atkı sıklığında üretilmiştir. Polipropilen halılar, Van De Wiele halı tezgahında üç kancalı wilton yüz yüze halı dokuma prensibi ile üretilmiştir. Tezgâh ile uyumlu Weaving ve Booria programları kullanılarak tasarlanmıştır. Halı örnekleri 2/2V ve 1+2/3V dokuma konstrüksiyonlarında üretilmiştir. Bu yapılar Şekil 1 (a-b)'de gösterilmektedir. Her iki dokuma halı yapısında da kesişmesiz dolgu ve kesişmeli çözgü (%80/20 polyester/pamuk karışımı iplik), atkı (%100 jüt) ve renkli hav iplikleri (%100 polipropilen) bulunmaktadır.

48 çözgü x 48 atkı (gevşek), 48 çözgü x 55 atkı (sıkı) ve 48 çözgü x 70 atkı (çok sıkı) uç/10 cm olmak üzere üç farklı sıklıkta halı örneği kullanılmıştır. Halı örnekler 5.55-5.88 mm (kısa), 6.58-7.75 mm (orta) ve 8.93-10.67 mm (uzun) olmak üzere üç farklı hav yüksekliğindedir. Ayrıca gevşek ve orta sıklıkta dokuma halı yapısı 2/2V dokuma deseni ile, sık dokuma halı ise 1+2/3V dokuma deseni ile yapılmıştır. Halıdaki hav ipliği polipropilen liftir ve ipliğin lineer yoğunluğu 180 tex'dir. Aynı zamanda sürekli filamentlerden oluşur ve bükümsüzdür. Hav ağırlığı ve halı ağırlığı sırasıyla 1006-2116 g/m² ve 1850-3011 g/m² arasında değişmektedir. Ölçülen hav yüksekliği ve halı kalınlığı sırasıyla 5.55-10.67 mm ve 8.7-14.3 mm arasında değişmektedir. Tablo 1, hav ipliği ve polipropilen halı yapılarının özelliklerini göstermektedir. Halı numuneleri üzerinde oluşturulan tüm veriler ortalama değerlerdir.



Şekil 1. Halı yapılarının şematik görünüşleri. (a) 2/2 V dokuma tasarımı; (1) atkı, (2) çözgü (geçmeli veya zincir), (3) çözgü (dolgu), (4-8) hav iplikleri [35], (b) 1+2/3 V dokuma tasarımı (1) atkı, (2) çözgü (geçmeli veya zincir), (3) çözgü (dolgu), (4-8) hav iplikleri [35].

Tablo 1. Polipropilen halı numunelere ait atkı, çözgü ve hav iplikleri ile ilgili karakteristik özellikler.

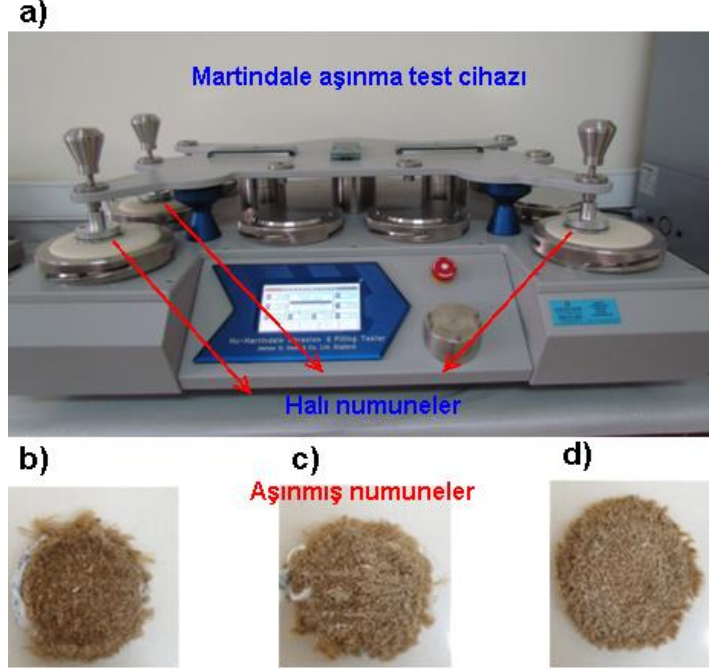
İplik türü		Materyal	İplik lineer yoğunluğu (tex)
Çözgü ipliği	Dolgu ipliği	%80 Polyester/ %20 Pamuk	211
	Zincir ipliği	%80 Polyester/ %20 Pamuk	118
Atkı ipliği		Jüt	556
Hav ipliği		Polipropilen	180

Tablo 2. Polipropilen halı örneklerin yapısal parametreleri.

Numune kodu	Çözgü sıklığı (uç/10 cm)	Atkı sıklığı (uç/10 cm)	Dokuma konstrüksiyonu	Hav uzunluğu (mm)	Hav sıklığı (düğüm/m ²)	Hav ağırlığı (g/m ²)	Halı kalınlığı (mm)	Halı ağırlığı (g/m ²)
1PP6	48	48	2/2 V	6 (5.88)	230400	1006	8.7	1850 (1936)
1PP 9	48	48	2/2 V	9 (6.58)	230400	1297	9.7	2140 (2067)
1PP12	48	48	2/2 V	12 (8.93)	230400	1546	12.2	2389 (2494)
2PP6	48	55	2/2 V	6 (5.85)	264000	1109	8.8	2034 (2114)
2PP 9	48	55	2/2 V	9 (7.39)	264000	1442	10.3	2367 (2077)
2PP12	48	55	2/2 V	12 (10.06)	264000	1727	13.0	2652 (2702)
3PP6	48	70	1+2/3 V	6 (5.55)	336000	1330	9.0	2225 (2141)
3PP 9	48	70	1+2/3 V	9 (7.75)	336000	1753	11.3	2649 (2668)
3PP12	48	70	1+2/3 V	12 (10.67)	336000	2116	14.3	3011 (2979)

2.2. Aşınma dayanımı (Martindale) testi

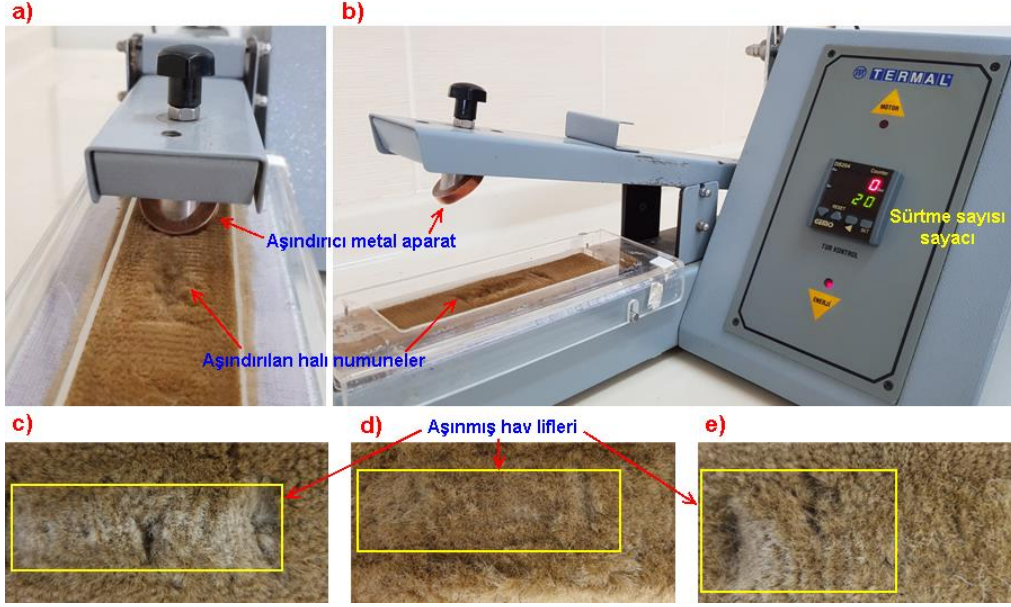
Polipropilen halı yapılarının aşınma özellikleri Martindale aşınma testi yöntemi (ISO 12947-3, 1998) [36] kullanılarak belirlenmiştir. Şekil 2 (a-d)'de gösterildiği gibi, standarda uygun olarak halının aşınma sonrası kütle kaybını değerlendirmek için Nu-Martindale Aşınma Test cihazı (James H Heal, UK) kullanılmıştır. Kütle kaybı değerleri her 5000, 10000, 20000, 30000, 40000 ve 50000 aşınma devri sonunda kaydedilmiştir. Aşındırma için standart yün kumaş kullanılmış ve halı örneklerinin havlı yüzeyleri basınç (12 KPa) altında aşındırılmıştır. Halı örnekler aşınma devirlerinden sonra kalınlık kaybı eğilimi gösterdiği için kalınlık ölçümleri de kalınlık ölçer (Elastocon EV 07, İsveç) kullanılarak yapılmıştır [28].



Şekil 2. (a) Halı numunelerin Martindale cihazı ile aşınma testi esnasında alınmış görüntüleri (b) Kısa havlı ve çok sıkı halı numunenin aşınma sonrası görüntüsü (3PP6), (c) Orta havlı ve çok sıkı halı numunenin aşınma sonrası görüntüsü (3PP9) ve (d) Uzun havlı ve çok sıkı halı numunenin aşınma sonrası görüntüsü (3PP12) (dijital fotoğraflar).

2.3. Para sürtme (Token) testi

BS 2543 test standartlarına [37] (BS 2543, 2004 [37]; TS 3374 (ISO 1765), 1991 [38]) uygun olarak halı örneklerin sürtünme davranışını değerlendirmek için metal sürtücü Crockmeter (Termal, Türkiye) kullanılmıştır. Kuru halının lineer sürtünmeye karşı direnci, halı hav yüzeyi ile 45° açı yapan metal sürtücü ile incelenmiş ve halı havının deforme olan bölgeleri dijital kamera görüntüleri kullanılarak görsel olarak değerlendirilerek tanımlanmıştır. Geliştirilen metal sürtücü aparatın çapı yaklaşık 29 mm, kalınlığı 6 mm ve bakırdır [28]. Halı el temizliği simüle edildiği için para sürtme testi kullanılmıştır. Para sürtme test yöntemi, Şekil 3'de gösterildiği gibi düşük basınç (9 N) altında, halı hav yüzeyi ile 45° açı yapacak şekilde metal bir sürtücü ile uygulanmıştır. Token sürtme testine tüm numunelerin deformasyonları görsel olarak birbirine benzer olana kadar devam edilmiş ve test sonuçları sürtme devir sayısı ile ifade edilmiştir. Bir sürtme devri (adım), metal sürtücünün halı hav yüzeyinde doğrusal olarak bir gidiş-dönüş hareketi olarak tanımlanmıştır.



Şekil 3. Halı numunesi üzerinde sürtünme testi sırasında metal sürtücü crockmeter. (a) önden görünüş, (b) cihazın tam görünüşü, (c) gevşek ve uzun havlı halının görüntüsü (IPP12), (d) sıkı ve uzun havlı halının görüntüsü (2PP12), (e) çok sıkı ve uzun havlı halının görüntüsü (3PP12) (dijital fotoğraflar).

Polipropilen halı örnekleri ve hav kütlesi ağırlık kaybı ölçümleri, Ohaus Adventurer™ Pro AV812 (Ohaus Corp., ABD) dijital terazisi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ağırlık ölçümündeki hata payı $\pm 0,1$ mg' dir. Halı hav kalınlığı ve Martindale testleri sonrası halı kalınlığı, sırasıyla Elastocon EV07 dijital cihazı kullanılarak TS 7125 (ISO 1766) [39] ve TS 3374 (ISO 1765) [38] esas alınarak ölçülmüştür. Tüm mekanik testler, $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklığa ve 50 ± 10 bağıl neme sahip standart laboratuvar atmosferinde gerçekleştirilmiştir (ISO 139, 2005) [40]. Aşınma dayanımı ve para sürtme testlerinden sonra halı numunelerinin bozulan yüzeyini görüntülemek için yüksek çözünürlüklü dijital kamera (CANON PowerShot SX30 IS, JP) kullanılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Aşınma dayanımı

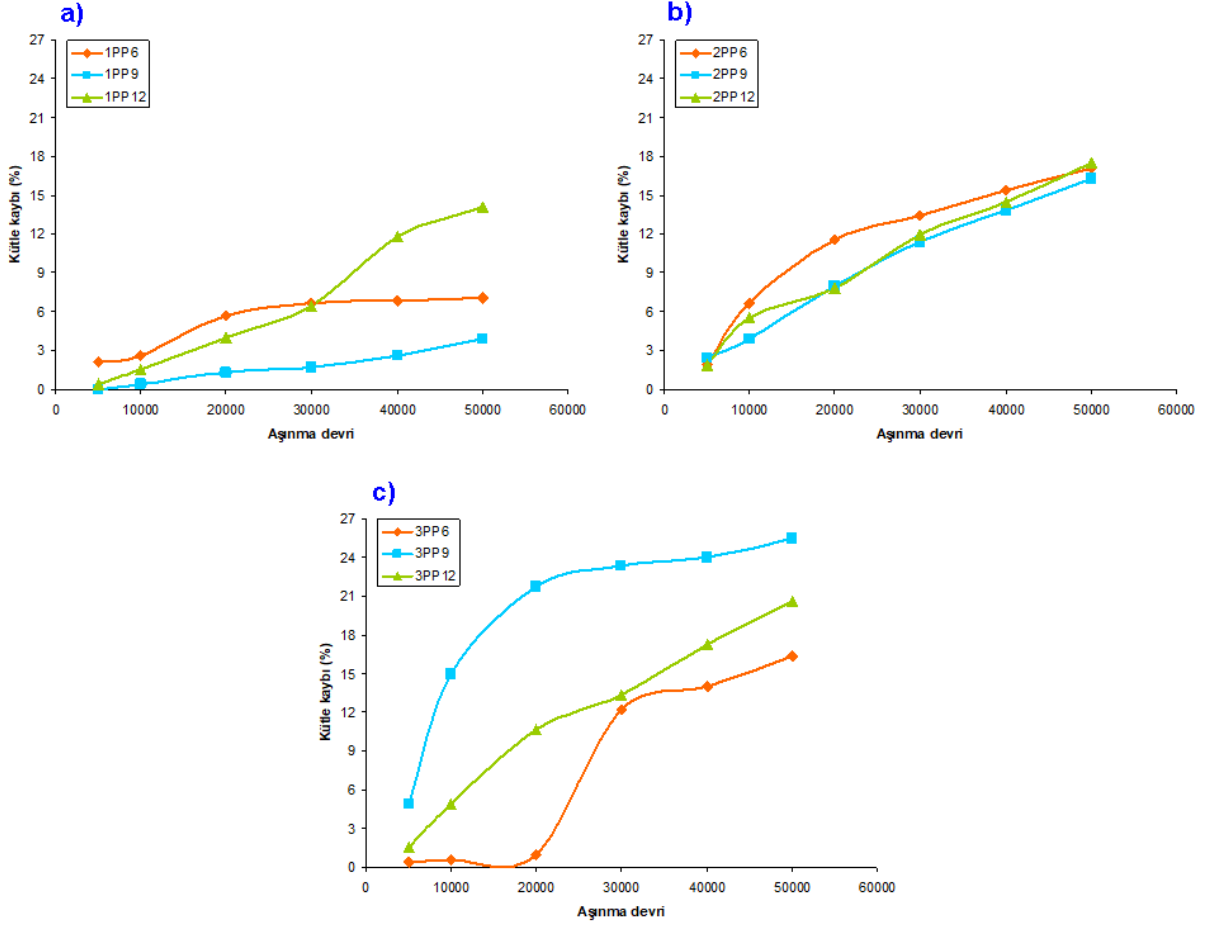
Farklı aşınma devirlerinde halı hav kütle kaybı, kalınlık kaybı ve halı yapısı ile ilişkili olarak Martindale aşınma dayanımı test sonuçları Tablo 3'te verilmiştir. Ayrıca, Şekil 4 (a-c) ve 5(a-c)'de halı numunelerin Martindale aşınma testinden sonra çeşitli aşınma devirlerinde hav kütle kaybı yüzde (%) ve miligram (mg) olarak sırası ile gösterilmiştir.

Tablo 3 ve Şekil 4(a-c)'de görüldüğü üzere, hav yoğunluğu arttığında, tüm halı örneklerinin halı kütle kayıpları (%) artmıştır. Örneğin 1PP9, 2PP9 ve 3PP9 halı örneklerinin ortalama halı kütle kayıplarının (%) sırasıyla %3.88, %16.23 ve %25.44 arttığı tespit edilmiştir. Bunun nedeni, halının birim alanındaki düğüm sayısıdır. Aynı hav yoğunluğunda (düğüm/m²), hav yüksekliği arttıkça tüm halı örneklerindeki halı kütle kayıpları (%) orantılı olarak artmıştır. Örneğin, 1PP6, 2PP9 ve 3PP12 halı örneklerinin ortalama halı kütle kayıpları (%) sırasıyla %7.11, %16,23 ve %20.60 arttığı tespit edilmiştir. Öte yandan, aşınma devirleri 5000 den 50000 'e artırıldığında, ortalama halı kütle kayıpları (%) %0.38'den %25.44'e yükselmiştir. Bu sonuçlardan aşınma devri arttıkça halıların polipropilen hav kütle kayıplarının da (% , mg) arttığı görülmüştür. Ayrıca, hav yoğunluğu ve hav yüksekliğinin halı tasarımında kritik parametreler olduğu sonucuna varılmıştır. Hav sıklığı ve hav yüksekliği arttığında aşınma esaslı yüklemeler altında kütle kaybında da artışlar olduğu anlaşılmıştır. Hav sıklığı ve yüksekliği arttıkça birim alan başına düşen hav ipliği miktarı (düğüm/m²) dolayısı ile hav yüksekliğinin de artması ile birlikte birim alan başına düşen lif yoğunluğu artmaktadır. Bu sebeple lif yoğunluğu daha fazla olan halı örneklerde aşınma sonucunda daha fazla lif kaybı ve kütle kaybı olduğu görülmüştür. Ayrıca numunelerin zemin mimarisinin (iplik setlerinin birbirleri ile yapmış olduğu kesişmeler) halı aşınma özellikleri üzerindeki etkisinin kayda değer bir öneme sahip olmadığı bu çalışma ile tespit edilmiştir.

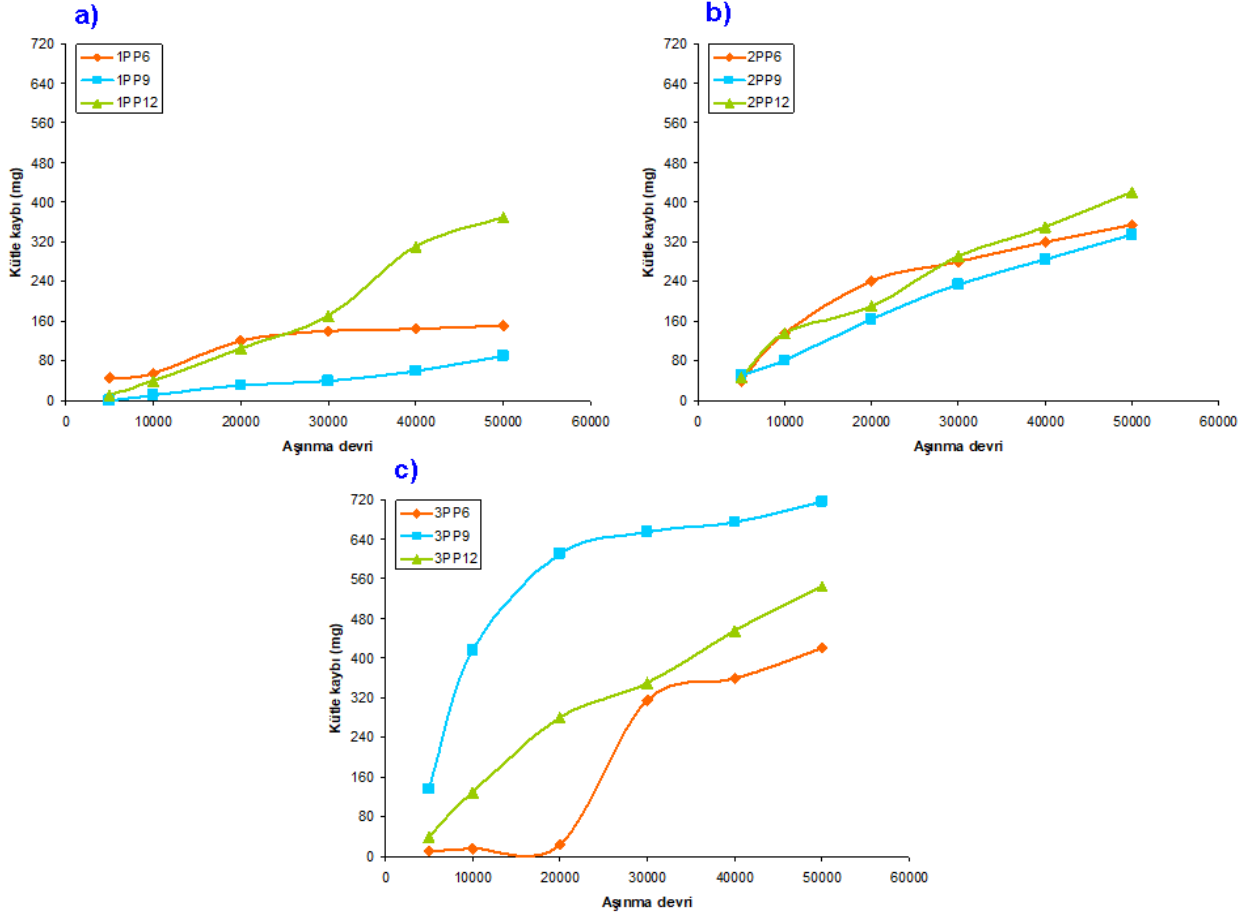
Tablo 3. Çeşitli halı örnekleri üzerinde yapılan Martindale aşınma testi sonrası aşınma devri, hav kütle kaybı ve halı kalınlık kaybı ilişkileri.

Örnek kodu	Aşınma devri (devir/dk)	Halı kütlesi (mg)	Halı kütle kaybı (mg)	Halı kütle kaybı (%)	Halı kalınlığı (mm)	Halı kalınlık kaybı (mm)	Halı kalınlık kaybı (%)
1PP6	0	2105	0±0	0.00±0.00	8.7		
	5000	2060	45±21.21	2.14±1.03	-		
	10000	2050	55±21.21	2.62±1.03	-		
	20000	1985	120±70.71	5.68±3.30	-	1.92±0.13	22.07±1.46
	30000	1965	140±84.85	6.63±3.96	-		
	40000	1960	145±77.78	6.87±3.63	-		
	50000	1955	150±70.71	7.11±3.29	6.78±0.13		
1PP9	0	2320	0±0	0.00±0.00	9.7		
	5000	2320	0±0	0.00±0.00	-		
	10000	2310	10±0	0.43±0.00	-		
	20000	2290	30±14.14	1.29±0.61	-	1.5±0.14	18.56±1.46
	30000	2280	40±0.00	1.72±0.00	-		
	40000	2260	60±0.00	2.59±0.00	-		
	50000	2230	90±42.43	3.88±1.83	7.9±0.14		
1PP12	0	2630	0±0	0.00±0.00	12.2		
	5000	2620	10±0	0.38±0.00	-		
	10000	2590	40±14.14	1.52±0.52	-		
	20000	2525	105±21.21	4.00±0.85	-	4.25±0.81	34.84±6.61
	30000	2460	170±56.57	6.45±2.08	-		
	40000	2320	310±42.43	11.78±1.49	-		
	50000	2260	370±56.57	14.06±2.00	7.95±0.81		
2PP6	0	2085	0±0	0.00±0.00	8.8		
	5000	2045	40±28.28	1.96±1.47	-		
	10000	1950	135±106.07	6.63±5.47	-		
	20000	1845	240±14.14	11.55±1.34	-	3.64±1.00	41.36±11.41
	30000	1805	280±0.00	13.45±0.78	-		
	40000	1765	320±28.28	15.33±0.47	-		
	50000	1730	355±7.07	17.06±1.32	5.16±1.00		
2PP9	0	2065	0±0	0.00±0.00	10.3		
	5000	2015	50±14.14	2.40±0.51	-		
	10000	1985	80±0.00	3.88±0.28	-		
	20000	1900	165±7.07	8.00±0.23	-	5±0.28	48.54±2.75
	30000	1830	235±7.07	11.42±1.16	-		
	40000	1780	285±21.21	13.80±0.03	-		
	50000	1730	335±21.21	16.23±0.14	5.30±0.28		
2PP12	0	2400	0±0	0.00±0.00	13		
	5000	2355	45±21.21	1.85±0.77	-		
	10000	2265	135±63.64	5.56±2.32	-		
	20000	2210	190±84.85	7.83±3.07	-	6.75±0.35	51.92±2.72
	30000	2110	290±113.14	11.97±4.01	-		
	40000	2050	350±84.85	14.50±2.68	-		
	50000	1980	420±42.43	17.48±0.74	6.25±0.35		
3PP6	0	2575	0±0	0.00±0.00	9		
	5000	2565	10±0.00	0.39±0.01	-		
	10000	2560	15±7.07	0.59±0.29	-		
	20000	2550	25±7.07	0.97±0.30	-	2.09±0.68	23.22±7.54
	30000	2260	315±91.92	12.19±3.27	-		
	40000	2215	360±42.43	13.96±1.30	-		
	50000	2155	420±0.00	16.32±0.40	6.91±0.68		
3PP9	0	2820	0±0	0.00±0.00	11.3		
	5000	2685	135±35.36	4.84±1.59	-		
	10000	2405	415±190.92	14.99±7.82	-		
	20000	2210	610±28.28	21.72±2.53	-	5.02±0.45	44.38±3.94
	30000	2165	655±35.36	23.33±2.89	-		
	40000	2145	675±21.21	24.02±2.44	-		
	50000	2105	715±21.21	25.44±2.54	6.29±0.45		

	0	2635	0±0	0.00±0.00	14.3		
	5000	2595	40±14.14	1.51±0.45	-		
	10000	2505	130±56.57	4.88±1.87	-		
3PP12	20000	2355	280±14.14	10.63±0.06	-	8.52±0.25	59.58±1.78
	30000	2285	350±0.00	13.30±0.75	-		
	40000	2180	455±49.50	17.24±0.91	-		
	50000	2090	545±106.07	20.60±2.86	5.78±0.25		

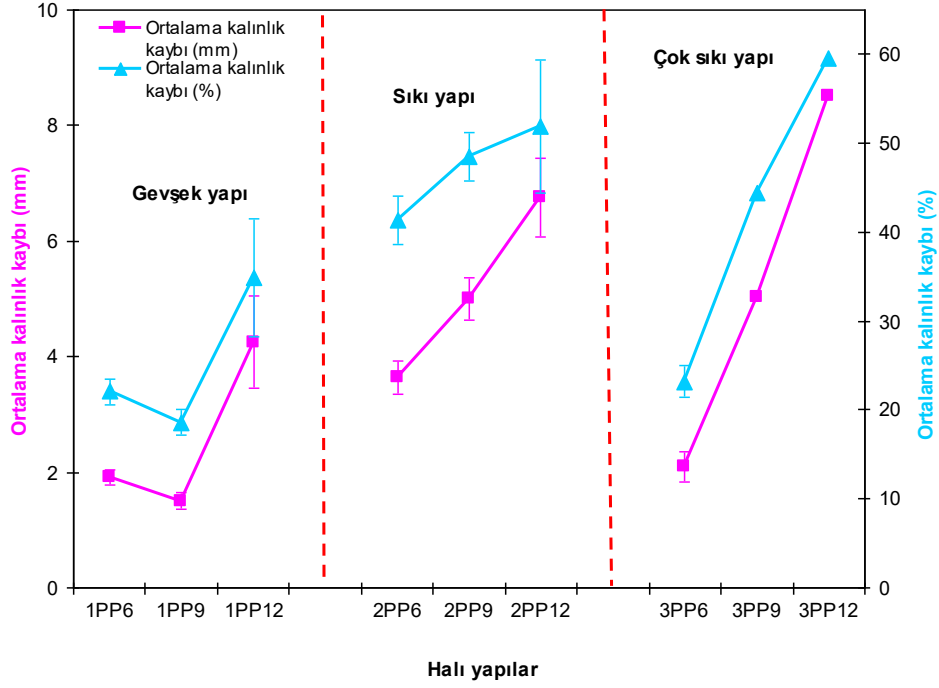


Şekil 4. Halı numunelerinde martindale aşınma testinden sonra çeşitli aşınma devirleri ve hav kütle kaybı (%) ilişkisi. (a) Gevşek halılarda (çeşitli hav yüksekliklerinde) kütle kaybı (%), (b) sıkı halılarda (çeşitli hav yüksekliklerinde) kütle kaybı (%) ve (c) çok sıkı halılarda (çeşitli hav yüksekliklerinde) kütle kaybı (%).



Şekil 5. Halı numunelerinde martindale aşınma testinden sonra çeşitli aşınma devirleri ve hav kütle kaybı (mg) ilişkileri. (a) Gevşek halılarda (çeşitli hav yüksekliklerinde) kütle kaybı (mg), (b) sıkı halılarda (çeşitli hav yüksekliklerinde) kütle kaybı (mg) ve (c) çok sıkı halılarda (çeşitli hav yüksekliklerinde) kütle kaybı (mg).

Tablo 3 ve Şekil 6'de gösterildiği üzere, hav yoğunluğu arttığında, tüm halı numunelerinin halı kalınlık kayıpları (%) 50000 aşındırma devrinden sonra aşındırılan alanda daha fazla düzlem dışı elyafın temas etmesinden dolayı artmıştır. Örneğin 1PP12, 2PP12 ve 3PP12 halı örneklerinin ortalama halı kalınlık kayıpları (%) başlangıç halı kalınlık değerlerine göre sırasıyla %34.84, %51.92 ve %59.58 arttığı tespit edilmiştir. Aynı hav yoğunluğunda, hav yüksekliği arttıkça tüm halı örneklerinin halı kalınlık kayıplarının (%) bariz bir şekilde arttığı anlaşılmıştır. 1PP6, 1PP9 ve 1PP12 halı örneklerinin ortalama halı kalınlık kayıpları (%) sırasıyla %22.07, %18.56 ve %34.84 elde edilmiştir.



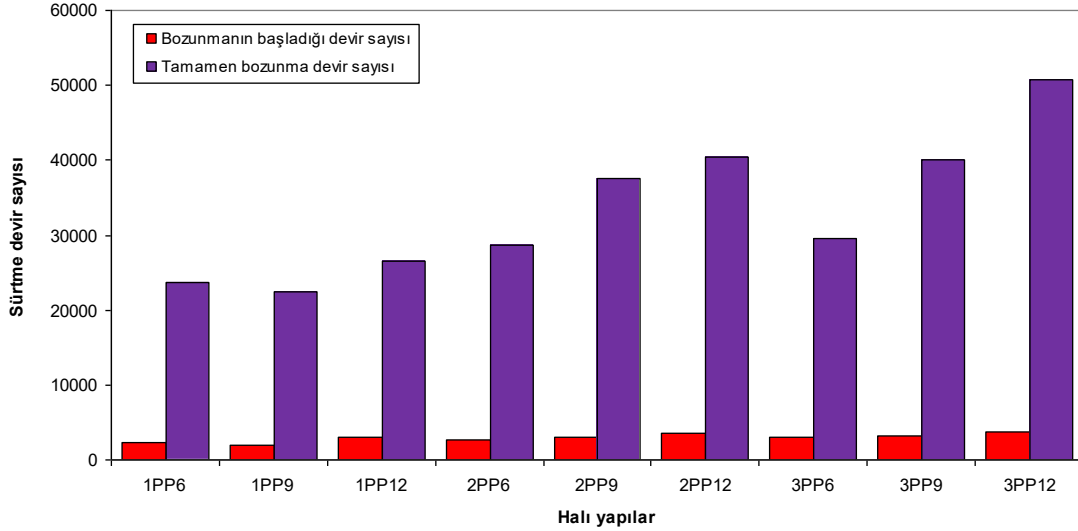
Şekil 6. Halı örneklerde martindale aşınma dayanımı testi sonrası (50000 aşınma devrinde) halı kalınlık kaybı (mm, %) ilişkisi.

3.2. Sürtünme dayanımı

Halı örneklerine uygulanan metal sürtme testi (Token) sonuçları Tablo 4'da verilmiştir. Şekil 7'de ise çeşitli halı örnekleri için para sürtme testi sonuçları görülmektedir. Tablo 4 ve Şekil 7'den görüleceği üzere, her bir hav yoğunluğu için hav yükseklikleri arttığında, tamamen kopmuş hav ipliklerinden sonraki sürtme devir sayısı artmıştır. Çok sıkı halı yapıları dışında gevşek ve sıkı halılarda da benzer ilişkiler tespit edilmiştir. Ayrıca, tamamen kopmuş hav ipliklerinden sonraki sürtme devir sayısı ile kopmuş hav ipliklerinin başlangıcındaki sürtme devir sayısının hemen hemen tüm halı yapıları için birbirleri ile orantılı olduğu sonucuna varılmıştır.

Tablo 4. Çeşitli halı örneklerinde sürtme testinden sonra sürtme devir sayısı ve bozulan hav ipliği ilişkisi.

Örnek kodları	Bozunmanın başladığı devir sayısı	Tamamen bozunma devir sayısı
1PP6	2250	23750
1PP9	2000	22500
1PP12	3000	26500
2PP6	2750	28750
2PP9	3000	37500
2PP12	3500	40500
3PP6	3000	29500
3PP9	3250	40000
3PP12	3750	50750



Şekil 7. Çeşitli halı örnekleri için para sürtme testi sonuçları.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, farklı hav yüksekliği ve yoğunluğundaki halılarda aşınma ve sürtünme özellikleri incelenmiştir. Genel olarak, hav yoğunluğu arttığında, aşınma yükü altındaki tüm halı numunelerinin halı kütle kayıpları (%) artmıştır. Aynı hav yoğunluğunda, hav yüksekliği arttıkça tüm halı örneklerinin halı kütle kayıplarının (%) bariz bir şekilde arttığı veriler üzerinden gözlenmiştir. Bununla birlikte, birim alan başına düşen hav yoğunluğu ve hav yüksekliklerinin artması ile aşınma testleri sonucunda halı örneklerde kalınlık kaybı meydana geldiği tespit edilmiştir. Elde edilen bu sonuçların literatür ile de uyumlu olduğu anlaşılmıştır [27]. Hav yoğunluklarında ki farklılık halıların zemin yapısında atkı sıklıklarının farklı olmasından ve daha sıkı yapılarda daha yoğun hav miktarı olması ile açıklanmıştır [28]. Ayrıca, numunelerin zemin mimarisinin halı aşınma özellikleri üzerindeki etkisinin önemsiz olduğu tespit edilmiştir. Her bir hav yoğunluğu için hav yüksekliği arttığında, sürtme devir sayısının da arttığı anlaşılmıştır. Çok sıkı halı yapıları dışında gevşek ve sıkı halı yapılarında da benzer ilişkiler tespit edilmiştir. Daha yüksek sürtme devirlerinde bozunmaların gerçekleşmesi, birim alan başına düşen hav miktarının daha fazla olması sebebi ile açıklanmıştır. Elde edilen bu sonuçların literatürde yapılmış olan çalışmalarla da uyumlu olduğu görülmüştür [28, 32].

Teşekkür

Bu çalışmada kullanılan halı numunelerin üretimlerinde sağlamış oldukları değerli katkılarından dolayı Gümüşsuyu Halı A.Ş.'ye teşekkür ederiz.

Kaynakça

- [1] Sarıoğlu, E., Babaarslan, O., Or, S. Z. 2019. Lif Karışım Oranı ve Toz Alma İşleminin Wilton Tipi Yüz-Yüze Halıların Tozuma Derecesine Etkileri. *Tekstil ve Mühendis*, 26(115), 309-317.
- [2] Chaudhuri, S. K. 2017. *Advances in Carpet Manufacture: Structure & properties of carpet fibres & yarns*. Woodhead Publishing.
- [3] Gupta, S.K., Goswami, K.K., Majumdar, A. 2015. Durability of Handmade Wool Carpets: A Review. *Journal of Natural Fibers*, 12(5), 399-418.
- [4] Bayramoğlu, E. 2018. Gaziantep ili makine halısı üretimi. Gazi Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü, Tekstil Tasarımı Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 164s, Ankara.
- [5] Presley, A. B. 1997. Evaluation of Carpet Appearance Loss: Structural Factors. *Textile Research Journal*, 67(3), 174-180.
- [6] Wang, J., Wood, E. J. 1994. A New Method for Measuring Carpet Texture Change. *Textile Research Journal*, 64(4), 215-224.

- [7] Wilding, M. A., Lomas, B., Woodhouse, A. K. 1990. Changes Due to Wear in Tufted Pile Carpets. *Textile Research Journal*, 60(11), 627-640.
- [8] Xu, B. 1997. Quantifying Surface Roughness of Carpets By Fractal Dimension. *Clothing and Textile Research Journal*, 15(3), 155-161.
- [9] Postle, R., Carnaby, G. A., de-Jong S. 1988. *The mechanics of wool structures*. John Wiley, New York.
- [10] Beil, N. B., Roberts, W. W. 2002. Modeling and Computer Simulation of the Compressional Behavior of Fiber Assemblies: Part I: Comparison to Van Wyk's Theory. *Textile Research Journal*, 72(4), 341-351.
- [11] Vangheluwe, L., Kiekens, P. 1997. Resilience Properties of Polypropylene Carpets. *Textile Research Journal*, 67(9), 671-676.
- [12] Dayiary, M., Najar, S. S., Shamsi, M. 2010. An Experimental Verification of Cutpile Carpet Compression Behavior. *The Journal of the Textile Institute*, 101(6), 488-494.
- [13] Laughlin, K. C., Cusick, G. E. 1968. Carpet Performance Evaluation, Part II: Stress-Strain Behavior. *Textile Research Journal*, 38(1), 72-80.
- [14] Wood, E. J. 1993. Description and Measurement of Carpet Appearance. *Textile Research Journal*, 63(10), 580-594.
- [15] Savilla, B. P. 1999. *Physical testing of textiles*. The Textile Institute, Woodhead Publishing.
- [16] Goswami, K. K. 2018. *Advances in carpet manufacture*, Elsevier Ltd, Cambridge, MA, USA.
- [17] Wu, J., Pan, N. Williams, K. R. 2007. Mechanical, Biomechanical and Psychophysical Study of Carpet Performance. *Textile Research Journal*, 77(3), 172-178.
- [18] McNeil, S. J., Tapp, L. S. 2016. The Design and İntial Evaluation of Visual Cues in Carpets to Assist Walking. *The Journal of The Textile Institute*, 107(3), 376-385.
- [19] Polat, E. 2013. Türkiye’de halı sektörünün ithalat ihracat dengesi. Hasan Kalyoncu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, İşletme Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 95s, Gaziantep.
- [20] Erdoğan, Ü. H. 2001. Ege bölgesinde üretilen makine halıları ve kullanılan liflerin başlıca özellikleri üzerine bir araştırma. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 123s. İzmir.
- [21] Kucuk, M., Korkmaz, Y. 2017. Sound Absorption Properties of Acrylic Carpets. *The Journal of The Textile Institute*, 108(8), 1398-1405.
- [22] Kucuk, M., Korkmaz, Y. 2019. Acoustic and Thermal Properties of Polypropylene Carpets: Effect of Pile Length and Loop Density. *Fibers and Polymers*, 20(7), 1519-1525.
- [23] Mehta, P.V. 1992. *An Introduction to quality control for the apparel industry*, ASQC Quality Press.
- [24] Collier, B. J., Epps, H. H., 1999. *Textile testing and analysis*, Prentice Hall.
- [25] Manich, A.M., Castellar, M. D. D., Sauri, R. M., Miguel, R. A., Barella, A. 2001. Abrasion Kinetics of Wool and Blended Fabric. *Textile Research Journal*, 71, 469-474.
- [26] Ozdil, N., Kayseri, G. O., Menguc, G. S. 2012. Analysis of abrasion characteristics in textiles, In: *Abrasion resistance of materials*, (Marcin Adamiak, Ed.) IntechOpen.
- [27] Onder, E., Berkalp, O. B. 2001. Effects of Different Structural Parameters on Carpet Physical Properties. *Textile Research Journal*, 71(6), 549-555.
- [28] Bilisik, K., Yolacan, G. 2009. Abrasion Properties of Upholstery Flocked Fabrics. *Textile Research Journal*, 79 (17), 1625-1632.
- [29] Gupta, N. P., Shakyawar, D. B., Sinha, R. D. 1998. Influence of Fibre Diameter and Medullation on Woollen Spun Yarns and Their Products. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 23, 32-37.
- [30] Shakyawar, D. B., Gupta, N. P., Patni, P. C., Arora, R. K. 2008. Computer-Aided Statistical Module for Hand-Knotted Carpets. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 33(4), 405-410.
- [31] Bilisik, K., Turhan, Y., Demiryurek, O. 2011. Tearing Properties of Upholstery Flocked Fabrics. *Textile Research Journal*, 81(3), 290-300.
- [32] Bilisik, K., Turhan, Y., Demiryurek, O. 2011. Analysis and Tensile Characterization of Flocked Fabric After Rubbing. *Journal of the Textile Institute*, 102(9), 808-822.

- [33] Bhavani, K., Devi, S. 2012. Comparative Study of Colour Fastness Properties of Naturally Dyed Carpet Yarns Cellulosic in Composition. Asian Journal of Home Science, 7(2), 587-591.
- [34] Zhou, C. E., Zhang, Q., Kan, C. W. 2017. Some Properties of a Thickener for Preparing Inkjet Printing Ink for Nylon Carpet. Coloration Technology, 133, 116-121.
- [35] VANDEWIELE NV. Carpet weaving: Face-to-face carpet weaving. <http://www.vandewiele.be/carpetlooms.htm>, 2022.
- [36] ISO 12947-3. 1998. Determination of the abrasion resistance of fabrics by the Martindale method Part 3: Determination of mass loss.
- [37] BS 2543. 2004. Upholstery fabrics for end use applications.
- [38] TS 3374 (ISO 1765). 1991. Machine made textile floor coverings- determination of thickness. International Organization for Standardization.
- [39] TS 7125 (ISO 1766). 2003. Textile floor coverings-Determination of thickness of pile above the substrate. International Organization for Standardization.
- [40] ISO 139. 2005. Textiles-Standard atmospheres for conditioning and testing. International Organization for Standardization.